

Magnitudes vectoriales: una propuesta didáctica para articular matemática y física

Vector magnitudes: a pedagogic proposal to link mathematics and physics

REVISTA
DE
ENSEÑANZA
DE LA
FÍSICA

Patricia Torroba¹, María de las Mercedes Trípoli², Eugenio Devece¹ y Luisina Aquilano³

¹IMApEC, Dpto. de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata. Argentina.

²ETEMI, Dpto. de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata. Argentina.

³Dpto. de Ciencias Básicas, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata, 1 y 47, La Plata. Argentina.

E-mail: patricia.torroba@gmail.com.ar

Resumen

En este trabajo se presenta una propuesta didáctica a desarrollarse en una clase de matemática con docentes de física, con el propósito de vincular las magnitudes vectoriales que se estudian en Matemática A con las que se estudiarán en la primera asignatura de física. Se espera que el estudiante comprenda la necesidad de estudiar matemática ya que es una herramienta fundamental en su formación profesional, mostrando la aplicación de las magnitudes vectoriales a situaciones concretas reales. Se estructura en tres etapas y se desarrollará con la participación de docentes de matemática y física. Una primera parte consiste en trabajar en las clases de matemática teniendo en cuenta las notaciones usadas en textos de física y mostrando aplicaciones. La siguiente consiste en una actividad experimental con uso de elementos tradicionales combinados con TIC, se busca asociar los vectores con magnitudes físicas como la fuerza, la velocidad y la cantidad de movimiento. En la última etapa se evaluará la tarea, tanto el tema de estudio como el resultado de la actividad.

Palabras clave: Matemática y física; Ingeniería; Magnitudes vectoriales; Articulación.

Abstract

This work introduces a didactical proposal to be developed in a lecture of mathematics with physics teachers, with the purpose of linking the vector magnitudes studied in Mathematics A with those that will be studied in a first course on Physics. It is expected that the student will understand the need to study mathematics as it is a fundamental tool in his professional practice, showing the application of vector magnitudes to actual situations. It is structured in three stages and will be developed with the participation of teachers of Mathematics and Physics. A first part consists of working in mathematics courses taking into account the notations used in physics texts besides showing applications. The second part consists of an experimental activity using traditional elements combined with ICT, we seek to associate vectors with physical magnitudes such as force, speed and momentum. In the last stage we will evaluate assignment, both in the subject under study as well as the results of the activity.

Keywords: Mathematics and Physics; Engineering; Vector magnitudes; Articulation.

I. INTRODUCCIÓN

Docentes que trabajan en asignaturas de física de la Facultad de Ingeniería (FI) de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) han notado desde hace algunos años, que muchos de los estudiantes presentan dificultades para trabajar con magnitudes vectoriales a pesar de que formen parte de los contenidos que se estudian previamente en matemática. Siguiendo a Gutiérrez y Martín (2015) y Costa y Di Domenicantonio (2006), se considera que los conocimientos de vectores que poseen los estudiantes son insuficientes para entender luego los conceptos fundamentales de la mecánica newtoniana. Además, se observa que tienen problemas con las operaciones entre vectores. En particular, estudiantes que asisten a un primer curso de física en la FI muestran inconvenientes cuando suman y restan vectores, al escribir un vector en

coordenadas cartesianas o rectangulares, al tener que utilizar el producto vectorial, entre otras. Una de las inquietudes de los docentes es saber si los estudiantes no lograron adquirir los conocimientos sobre magnitudes vectoriales en las clases de matemática o no pueden aplicarlo a situaciones o problemas físicos concretos. Según Gutiérrez y Martín (2015) y Flores y otros (2007), en las investigaciones relacionadas al aprendizaje de los conceptos vectoriales se considera, por un lado, si dicho aprendizaje se realiza desvinculado de alguna aplicación física y por el otro, en problemas en contextos físicos. En ambos casos, se observa que los alumnos cometen errores frecuentes, mostrando poco conocimiento del tema, como así también, dificultades en la operatoria, tanto en alumnos ingresantes a la universidad como en aquellos que ya han realizado un primer curso de física. Es necesario que los estudiantes que cursen Física I comprendan las magnitudes vectoriales, como mencionan Flores y otros (2007):

...un entendimiento de la mecánica newtoniana como un campo de conocimientos coherentes requiere un entendimiento de la suma de vectores (para encontrar la fuerza neta), resta de vectores (para encontrar una aceleración), y el reconocimiento de que la segunda ley de Newton requiere estas dos cantidades independientemente determinables.

Se propone realizar una actividad en la clase de matemática, con docentes de física, con el objetivo de que los estudiantes comprendan la importancia de las magnitudes vectoriales en el estudio de la física, disciplina fundamental en la formación académica de un futuro ingeniero. La propuesta didáctica se enmarca en un conjunto de actividades que se están llevando a cabo entre asignaturas de matemática y física del Departamento de Ciencias Básicas de la FI, con el objeto de articular conceptos, generar en el alumno interés por el aprendizaje de la matemática, mostrarles su vinculación con otras asignaturas y su aplicación a situaciones de la vida diaria (Costa y otros, 2013; Devece y otros, 2015; Torroba y otros, 2013, 2014, 2016). Se espera que la propuesta favorezca la comprensión de problemas en los cursos de física.

En este trabajo se exponen algunos aspectos de la propuesta, la cual se proyecta llevar a cabo en la asignatura Matemática A de la FI de la UNLP, con docentes de Física I.

II. ALGUNOS POSICIONAMIENTOS CONCEPTUALES

Las actividades que se están llevando a cabo por un grupo de docentes, con el fin de articular contenidos de matemática y física comparten la idea que el alumno de primer año no posee aún la competencia necesaria para articular por sí solo los conocimientos previos y los nuevos que va incorporando, siendo necesaria la colaboración del docente para que pueda llevar a cabo dicho proceso (Torroba y otros, 2016). De esta manera, es que las investigaciones que se vienen realizando se enmarcan en la teoría cognitiva del aprendizaje significativo.

Las teorías cognitivas del aprendizaje sostienen la idea de combinar la información previa, es decir el conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento así como su organización, con la nueva para arribar a una comprensión más profunda. En el proceso educativo es importante considerar lo que el individuo ya sabe de tal manera que establezca una relación con aquello que debe aprender. Además, para que se produzca aprendizaje significativo, el aprendiz debe querer aprender (Ausubel y otros, 1976). Una forma de propiciar el aprendizaje y en forma significativa, es considerar lo expresado por Moreira (1997) que sugiere crear situaciones de enseñanza en el aula que motiven el aprendizaje.

Como se ha mencionado en trabajos previos, el propósito de las actividades de articulación que se vienen desarrollando es favorecer la integración y construcción de conocimientos. Además, se tiene en cuenta que se está enseñando matemática para no matemáticos. Cuando se imparte matemática para aquellas profesiones en que ésta no es un fin sino un medio para su mejor ejercicio...

... hay que simplificar los detalles técnicos, que deben dejarse para los matemáticos profesionales, y procurar que los resultados, asegurada su validez por estos últimos, lleguen a hacerse intuitivos y comprensibles para quienes lo necesiten...basta que tengan de ellas una comprensión intuitiva que les permita ver claro en qué casos y de qué manera puede aplicarse... (Santaló, 1994)

Es necesario que se contemplen ejercicios, problemas, actividades, etc. que acerquen al estudiante, en la medida de que los conocimientos de matemática lo permitan, a aplicaciones de la vida diaria.

No debe caerse en un docente que tienda a transmitir la matemática, como sostienen Mendible y Ortiz (2007),

...con cálculos ilustrados por lo general en los ejemplos descritos en los libros de texto, con la satisfacción ofrecida al estudiante, de conocer el método, aun cuando no haya elaborado un camino que pueda ensayar

por su cuenta (...) apartándolo de posibles herramientas cognitivas, mentales, operativas y creativas de solución.

Asimismo, se considera que las confusiones en que incurren los estudiantes con el uso de terminología, nomenclatura, simbología y definiciones, deben formar parte de la tarea que los docentes llevan a cabo en sus clases.

III. CONTEXTO CURRICULAR

Como ya se mencionó, se proyecta llevar a cabo la propuesta en una clase de Matemática A y con docentes de Física I. En cuanto a Matemática A:

- Es la primera materia de matemática que cursan los alumnos que ingresan a la FI;
- Se ubica en el primer semestre de los planes de estudio;
- El propósito general de esta asignatura es familiarizar al estudiante con los conceptos y métodos básicos del cálculo diferencial en una y dos variables;
- Se espera que el estudiante sea capaz de resolver problemas de índole geométrica, física u otros, seleccionando el modelo diferencial adecuado y aplicando los procedimientos de cálculo correspondientes al mismo. La presentación de los temas se orienta a que el alumno adquiera la visión de la unidad conceptual presente en el estudio de la variación para las distintas clases de funciones (numéricas o vectoriales, de una o de varias variables).

Con respecto a Física I:

- Tiene como correlativa a Matemática A;
- Se ubica en el segundo semestre de los planes de estudio;
- Entre los objetivos generales, se espera que el estudiante desarrolle el razonamiento formal, capacidad crítica, habilidad para la utilización de nuevas tecnologías (adquisición, análisis, modelado y comunicación de datos), capacidad para el trabajo y aprendizaje grupal. Además, que el alumno sea capaz de identificar distintos problemas mediante el análisis de situaciones concretas y la caracterización de sistemas;
- En relación al aspecto temático, se aborda la mecánica clásica y una introducción a la termodinámica. Se inicia el estudio del sistema físico, incorporando el concepto de modelización. Las leyes de Newton se emplean en el modelo más simple, la partícula, luego al sistema de partículas hasta llegar al modelo de cuerpo rígido.

Estas asignaturas, pertenecientes al primer año de los planes de estudio de las carreras de ingeniería, forman parte del trayecto de las materias básicas de matemática y de física, como se observa en la Tabla I (Devece y otros, 2015):

TABLA I. Ejes temáticos del trayecto de las asignaturas básicas de matemática y de física.

Sem.	Eje matemático		Eje físico	
		Contenidos		Contenidos
1°	Matemática A	Diferenciación en una y varias variables.		
2°	Matemática B	Integración en una y varias variables. Ecuaciones diferenciales ordinarias de 1° orden	Física I	Mecánica y Termodinámica
3°	Matemática C	Series numéricas y funcionales, álgebra lineal, sistemas lineales de ecuaciones diferenciales ordinarias.	Física II	Electricidad y Magnetismo. Ondas mecánicas y electromagnéticas

El programa analítico de Matemática A está dividido en nueve unidades, siendo la seis la correspondiente al tema funciones vectoriales, con los contenidos que se muestra en la Tabla II. En el cronograma de la materia, se estiman seis clases de cuatro horas cada una para desarrollar los temas correspondientes a la unidad.

Tabla II. Distribución de contenidos de la unidad referida a funciones vectoriales en Matemática A.

UNIDAD 6
Vectores en el plano y en el espacio
Vectores y desplazamientos
Operaciones entre vectores
Vectores en coordenadas polares
Vectores en el espacio. Coordenadas en R^3
El producto punto
El ángulo entre dos vectores
El producto punto
Ecuaciones de las rectas y los planos
Ecuación vectorial de una recta
Ecuación implícita de un plano en el espacio
Funciones a valores vectoriales
Curvas parametrizadas
Movimiento en el espacio. Funciones a valores vectoriales
La derivada de una función vectorial

En Física I las magnitudes vectoriales son necesarias durante toda la cursada ya que las mismas se encuentran presentes tanto en la mecánica clásica como en algunos temas de la termodinámica.

IV. IMPORTANCIA DE LAS MAGNITUDES VECTORIALES EN FÍSICA

En el estudio de la física, en los cursos introductorios que se dictan en la FI, se requiere por parte del estudiante un buen manejo de las operaciones con magnitudes vectoriales. En el primer curso de física, Física I, se estudia Mecánica Clásica en el marco de las Leyes de Newton, donde la gran mayoría de las magnitudes que se definen son vectoriales. En particular, luego de introducir la idea del modelado de un sistema físico, se define el vector posición para indicar la posición de una partícula en un instante dado. Posteriormente, se estudia el desplazamiento, la velocidad, la aceleración, la cantidad de movimiento, las fuerzas, segunda y tercera ley de Newton. Todas las magnitudes citadas y las relaciones entre ellas, son magnitudes vectoriales. Por otro lado, si bien el trabajo mecánico es una magnitud escalar, se define a partir de un producto escalar. El abordaje del movimiento de rototranslación de un sistema físico modelado como un cuerpo rígido, necesita introducir la magnitud torque de una fuerza y momento cinético. Ambas magnitudes son vectoriales y cada una surge a partir del resultado del producto vectorial de magnitudes definidas previamente. Además, en el estudio de la física es importante analizar bajo qué condiciones ciertas magnitudes permanecen constantes en el tiempo. En las evaluaciones siempre están presentes situaciones en las cuales se debe analizar la conservación o no del momento angular y la cantidad de movimiento de un sistema físico dado, lo que involucra analizar si estas magnitudes vectoriales varían o no en el tiempo.

En el segundo curso de física, Física II, se estudia electromagnetismo clásico. Inicialmente se define la ley de Coulomb, campo eléctrico, campo magnético, hasta finalizar con las ecuaciones de Maxwell mostradas en la Figura 1. En ella se puede observar que todas las leyes involucran magnitudes vectoriales. Por lo tanto, para un buen entendimiento de la física es clara la necesidad de haber adquirido desde el comienzo un muy buen manejo de la operatoria vectorial.

Ecuaciones de Maxwell (resumen)		
Ecuaciones integrales		Ecuaciones diferenciales
$\oiint_S \vec{E} \cdot d\vec{a} = \frac{q_{neta}}{\epsilon_0}$	Ley de Gauss (E)	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
$\oiint_S \vec{B} \cdot d\vec{a} = 0$	Ley de Gauss (B)	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$
$\oint_C \vec{E}_{IND} \cdot d\vec{l} = \epsilon_{IND} = -\frac{d\phi_B}{dt}$	Ley de Faraday	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 (I_{cond} + I_{desplaz})$	Ley de Ampere-Maxwell	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \left(\sigma \vec{E} + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right)$

FIGURA 1. Se muestran las ecuaciones de Maxwell en forma integral y diferencial.

V. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta didáctica que se presenta en este trabajo tiene como objetivo que el alumno comprenda la importancia de las magnitudes vectoriales en la física y por ende, en su formación como futuro ingeniero. Asimismo se espera que vincule las notaciones y lenguaje utilizados en Matemática A con las que utilizarán en Física I. Es así que se desarrollará una actividad en la cual se le mostrará al estudiante de matemática una interpretación física relacionándola con cierta aplicación a la ingeniería visualizando su utilidad en una situación física experimental con uso de TIC.

A. Primera parte de la propuesta

La cátedra de Matemática A cuenta con un material didáctico, que es una guía impresa teórico-práctica, diseñado para llevar a cabo la metodología de trabajo propuesta por la coordinación de la cátedra. Esta guía es la que organiza la actividad diaria en el aula y es con la que los alumnos trabajan tanto en clase como en la casa. Cada equipo docente tiene la libertad de proponer en su curso actividades que complementen la formación del alumno. Teniendo en cuenta que estos alumnos son futuros ingenieros y concibiendo, de esta manera, la matemática como una herramienta que utilizarán en asignaturas más avanzadas y en su vida profesional, es que se trabajará durante las clases correspondientes a la unidad seis (funciones vectoriales) de manera de incorporar situaciones que involucren aplicaciones de los conceptos estudiados y considerando los diversos lenguajes y notaciones que articulen con los utilizados en física. En referencia a las distintas notaciones, podemos mencionar lo siguiente, como ejemplo:

- En Matemática A: En el material de la cátedra, para nombrar un vector se utilizan letras en minúscula y en negrita (generalmente u , v y w). En libros propuestos en la bibliografía de la cátedra, como el de los autores Smith y Minton (2001), y Stewart (2002), también se utilizan letras en minúscula y en negrita pero las primeras letras del alfabeto. Aparece el vector \mathbf{u} cuando se quiere señalar un vector que es unitario.

Tanto en el material de la cátedra como en los libros propuestos mencionados, cuando se quiere explicitar las componentes del mismo, se utilizan los signos $\langle \rangle$, es decir, el vector $\mathbf{u} = \langle u_1, u_2 \rangle$, donde u_1 es la primer componente y u_2 la segunda. También se presenta la notación $\mathbf{u} = u_1 \mathbf{i} + u_2 \mathbf{j}$, es decir un vector escrito como combinación lineal de los versores \mathbf{i} , \mathbf{j} ; sin embargo, esta última notación no es la que se utiliza comúnmente.

- En Física I: En bibliografía recomendada por la cátedra, como el libro del autor Tipler (2001), los vectores, en general, se representan de acuerdo a la magnitud que representan. El vector fuerza se escribe \mathbf{F} , velocidad con \mathbf{v} , torque la letra griega tau mayúscula y negrita, entre otras. Lo general es en negrita y en componentes rectangulares si la geometría del movimiento lo amerita. En el movimiento circular también en componentes radial y tangencial.

- Cabe mencionar que en Matemática B, materia que se da en el mismo semestre que Física I y que es correlativa a Matemática A, la notación utilizada para vectores es $\mathbf{u} = (u_1, u_2)$, teniendo los alumnos que decidir si (u_1, u_2) representa un punto en el plano o un vector según el contexto.

En referencia al lenguaje, por ejemplo, el vector que resulta de la suma entre dos o más vectores, en Matemática A se lo llama “vector suma”, tanto en el material de la cátedra como en los textos recomendados más utilizados por los alumnos, mientras en Física I se habla de “resultante”.

En cuanto a las aplicaciones, aparece como tema de aplicación el movimiento rectilíneo uniforme, pero desde una manera más teórica sin presentar ejercicios de aplicación.

Se propone trabajar sobre lo mencionado y otras cuestiones que se han observado con el objeto de articular lo que ven los estudiantes en Matemática A con lo que verán en Física I, pretendiendo, por un lado, que el alumno se interese en estudiar matemática visualizando su utilidad en la carrera y por el otro, que cuando esté cursando Física I pueda recuperar más rápidamente lo aprendido en matemática.

La forma de trabajar, en esta primera etapa, consistirá en utilizar diferentes notaciones y lenguaje. Tanto la explicación teórica como la parte práctica, contendrá elementos que vinculen las dos áreas. En particular, se diseñarán ejercicios en donde los estudiantes deban realizar las operaciones básicas entre vectores teniendo en cuenta lo observado y ya mencionado en este trabajo. En cuanto a ejercicios de aplicación, se propondrán desde el comienzo del tema ya que el concepto de vector se introduce como desplazamiento en el plano, confeccionando los mismos con los docentes de física. Se le dará importancia a resolver situaciones en las que se ejercite la suma y resta de vectores, utilizando sus componentes cartesianas, debido a que es la manera que se usa con más frecuencia en física. Es decir, se combinará la aplicación con la operatoria.

B. Segunda parte de la propuesta

Los docentes de física participarán en una clase de matemática con el objeto de realizar una actividad de articulación en conjunto. Dicha actividad se realizará utilizando TIC.

Como actividad inicial se propone analizar si es posible, dado el esquema experimental mostrado en la Figura 2, que la soga que sostiene el cuerpo que cuelga puede estar en posición completamente horizontal. Solamente se puede modificar la posición de las bases de los ejes. El estudio de este arreglo experimental retoma una situación simple del tema de cuerpos en equilibrio que se analizan en la escuela secundaria. En esta actividad se emplean sensores de fuerzas que permiten medir las fuerzas que ejercen cada parte de la soga sobre el cuerpo que cuelga y contrastar estos valores numéricos con los que se obtendrán a partir de planteos teóricos.



FIGURA 2. Se muestra un cuerpo sostenido por una soga. En ambos extremos superiores de la soga se colocan los sensores de fuerza. Estos elementos conectados a una interfaz y posteriormente a una PC, permiten medir la fuerza que ejercen las sogas sobre el cuerpo que cuelga.

En la Figura 3 se muestran las ecuaciones de las rectas y las pendientes que forman las sogas. Estas expresiones se obtienen con el Soft Logger Pro. La actividad experimental pone de manifiesto la necesidad de representar a las fuerzas como magnitudes vectoriales.

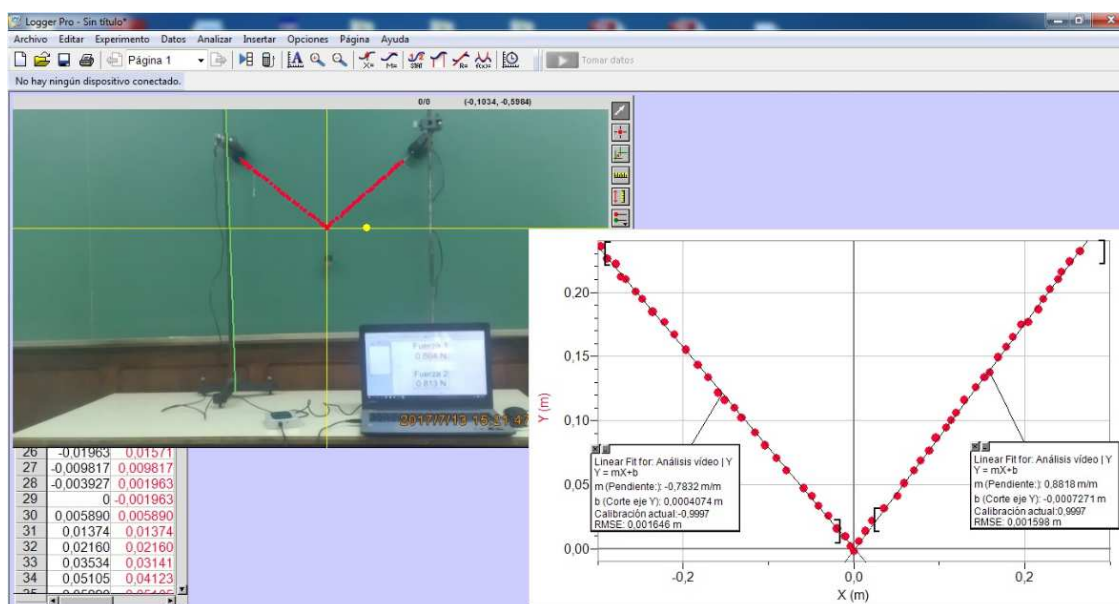


FIGURA 3. Se muestran las ecuaciones de las rectas y las pendientes que forman las sogas, mediante la utilización del *Soft Logger Pro*.

Otra actividad que se propone analizar es el choque entre dos cuerpos como los mostrados en la Figura 4. Se pueden observar dos carritos de bajo roce y un sensor de posición. Con estos elementos y el uso de una interfaz se pueden medir las velocidades de los cuerpos antes y después del choque entre ambos y contrastar estos resultados con los que surgen a partir del modelo teórico. Se destacará la necesidad de que la velocidad sea una magnitud vectorial y este hecho se debe expresar matemáticamente. Se analizarán diferentes tipos de choques y cómo se modifican los resultados cuando se cambian las masas de los cuerpos.

En el momento de hacer la experiencia los estudiantes no estudiaron todavía la cantidad de movimiento, por este motivo se va a introducir esta magnitud con el compromiso de ser retomada formalmente durante la cursada de Física I.

Esta actividad experimental estará presentada en el marco de una situación real que es la determinación de la velocidad que tiene un automóvil previamente a un choque, empleando la conservación de la cantidad de movimiento, una magnitud vectorial.



FIGURA 4. Se muestra el choque entre dos cuerpos. Al final de la pista se observa un sensor de posición que conectado a una interfaz y luego a una PC, mide la velocidad de los cuerpos.

La experiencia docente muestra que los alumnos fallan en las evaluaciones de Física I cuando analizan la conservación de la cantidad de movimiento en un choque. Los errores que cometen, en general, se deben a no saber operar con magnitudes vectoriales.

Como última parte de esta etapa se propondrá que los estudiantes resuelvan en sus casas un choque bidimensional como el siguiente:

Dos automóviles de igual masa se aproximan a un cruce. Un vehículo viaja con una velocidad de 47 km/h hacia el este y el otro viaja hacia el norte con rapidez v_2 . Los vehículos chocan en el cruce y se quedan pegados, dejando marcas paralelas en el asfalto a un ángulo de 55° con respecto al este y hacia el norte. El límite de rapidez para ambos caminos es de 60 km/h y el conductor del vehículo que se dirige al norte dice que él estaba dentro del límite de rapidez cuando ocurrió el choque. ¿Dice la verdad?

C. Evaluación de la propuesta

Se propone evaluar la actividad realizada desde dos puntos de vista: por un lado analizar si el alumno, en cierta medida, pudo darse cuenta de la necesidad de estudiar estos conceptos matemáticos como herramienta fundamental en su formación como ingeniero; por el otro, desde el conocimiento adquirido.

Mediante encuestas anónimas, indagaríamos cómo impactó la actividad experimental en relación a la aplicación de aspectos matemáticos en situaciones concretas. En cuanto a la incorporación del conocimiento, mediante una actividad relacionada que el alumno deberá entregar. Se propone que esta guía sea resuelta en otros cursos en los cuales no se realizará la experiencia, analizar y comparar las respuestas.

Otra instancia de evaluar el impacto de la actividad es hacer el seguimiento de los alumnos en la evaluación de Física 1. Concretamente, analizar cómo resolvieron el ejercicio relacionado con la conservación de la cantidad de movimiento en un sistema físico modelado como un sistema de partículas.

VI. CONCLUSIONES

Se sabe que tanto la física como la ingeniería utilizan la matemática, siendo ésta una herramienta fundamental para formular sus teorías o para el desarrollo de sus trabajos. Hay muchos ejemplos que se pueden mencionar a los alumnos en cuanto a la aplicación de la matemática en física e ingeniería, por ejemplo: en la industria se usan conceptos matemáticos en la construcción de las turbinas de viento modernos para generar corriente eléctrica, en la creación de aviones, en las resonancias magnéticas, en las telecomunicaciones, entre otros. Pero se debe tener en cuenta que los estudiantes de primer año sólo cuentan con pocos conocimientos para poder realizar algún problema que sea motivador para ellos (Rodríguez, 2011). Sin embargo, creemos que desde el lugar que cada docente ocupa, se debe buscar la manera de que el alumno comprenda la importancia de estudiar matemática. El docente debería comprender que está enseñando matemática para futuros ingenieros y esto no perderlo de vista al preparar sus clases. Es por ello que se considera que el trabajo docente interdisciplinario entre físicos, ingenieros y matemáticos es necesario en carreras aplicadas como lo es la ingeniería, trabajando en equipo y de forma colaborativa para proporcionarle al alumno diferentes puntos de vista,

La elección de las magnitudes vectoriales está motivada en el hecho de que, como ya mencionó anteriormente, docentes de Física I vienen manifestando el poco manejo que de las mismas tienen los alumnos que están cursando la asignatura y que ya han aprobado los contenidos de Matemática A. Sumando a esto, la importancia que tienen las magnitudes vectoriales en la física y la ingeniería.

Como ya ha sucedido con otros temas que se han abordado en experiencias áulicas de articulación entre matemática y física que se han llevado a cabo anteriormente, el alumno ve la necesidad de trabajar con las distintas notaciones y lenguajes, como parte de la ejercitación de habilidades que se requieren en la formación de un ingeniero. Además, este tipo de actividades favorecen el trabajo en equipo, el desarrollo de la expresión escrita y oral, la interpretación de gráficos, el uso de nuevas tecnologías o utilizar las mismas de manera diferente, entre otras.

La inclusión de una actividad experimental brinda la posibilidad de contrastar los resultados que se obtienen empleando la teoría con los que se obtienen mediante la experiencia dando validez a los modelos físicos empleados. Por otro lado, la inclusión de TIC con toma de datos a tiempo real permite contrastar de manera inmediata una predicción cualitativa del modelo físico con el resultado experimental. Este aspecto ayuda a afianzar que las expresiones usadas en el pizarrón son válidas en la vida real bajo las condiciones que cumple el modelo físico.

REFERENCIAS

- Ausubel, D. P., Novak, J. D. y Hanesian, H. (1976). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*, volumen 3. México: Trillas.
- Costa, V.A. y Di Domenicantonio, R.M. (2006). Visualización de campos vectoriales usando Maple 8. Experiencias Docentes en Ingeniería. *Memorias del V Congreso Argentino de Enseñanza de la Ingeniería*. Mendoza, Argentina. Volumen I, 357–364.
- Costa, V., Torroba, P. y Devece, E. (2013). Articulación en la enseñanza en carreras de ingeniería: el movimiento armónico simple y las ecuaciones diferenciales de segundo orden lineal. *Latin American Journal of Physics Education*, 7(3), 350–356.
- Devece, E., Di Domenicantonio, R., Torroba, P. y Trípoli, M. (2015). Experiencia de articulación entre Matemática A y Física I, en *Actas de las IV Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Universidad Nacional de La Plata. 28–30 octubre de 2015. La Plata
- Flores García, S., González Quezada, M. D. y Herrera Chew, A. (2007). Dificultades de entendimiento en el uso de vectores en cursos introductorios de mecánica. *Revista mexicana de física E*, 53(2), 178–185.
- Gutiérrez, E. y Martín, J. (2015). Dificultades en el aprendizaje de vectores, en los estudiantes que cursan materias del ciclo introductorio de la FCEfYN de la UNC. *Revista de Enseñanza de la Física*, 27(2), 89–96.
- Mendible, A. y Ortiz, J. (2007). Modelización Matemática en la Formación de Ingenieros. La Importancia del Contexto. *Enseñanza de la Matemática*, 12, 133–150.
- Moreira, M. A. (1997). Aprendizaje significativo. Un concepto subyacente, en *Actas del II Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo*, Burgos, España.
- Rodríguez, M. E. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. NÚMEROS. *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 77, 35–49.
- Santaló, L. (1994). Matemática para no matemáticos. En: Parra, C. y Saiz, I. *Didáctica de Matemáticas. Aportes y reflexiones*. Buenos Aires: Paidós.
- Smith, R. T. y Minton, R. B. (2001). *Cálculo. Tomo II*. Bogotá: McGraw–Hill Interamericana.
- Stewart, J. (2002). *Cálculo. Trascendentes Tempranas. Cuarta Edición*. México: Thomson Learning.
- Tipler, P.A. (2001). *Física para la ciencia y la tecnología, cuarta edición, volumen I*. Barcelona: Reverté.
- Torroba, P., Costa, V. y Devece, E. (2013). Conceptualización de temas enmarcados en la Mecánica Clásica, en Electromagnetismo y en Ecuaciones Diferenciales Ordinarias a partir de una experiencia de articulación en una clase de matemática en carreras de ingeniería”. *XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física*. 1–5 de julio. Guayaquil, Ecuador.
- Torroba, P., Costa, V. y Devece, E. (2014). Evolución de los conceptos vinculados en la enseñanza: sistema masa–resorte y ecuaciones diferenciales ordinarias. Una investigación en el contexto de una facultad de ingeniería. *XII Simposio de Investigación en Educación en Física*. 22–24 de octubre. Tandil, Argentina.
- Torroba, P., Devece, E., Trípoli, M. y Aquilano, L. (2016). Una propuesta didáctica que articula contenidos de matemática y física. *Revista de Enseñanza de la Física*. 28(Extra), 91–99.